

4. Компьютерные информационные технологии в электроэнергетике / И.Г.Абраменко, О.Г.Гриб, О.Н.Довгалюк и др. – Харьков: ХГАГХ, 2003. – 170 с.

Получено 31.10.2005

УДК 621.313.2

В.Н.ГАРЯЖА, М.Л.ГЛЕБОВА, канд. техн. наук,
Харьковская национальная академия городского хозяйства

Б.Г.ЛЮБАРСКИЙ, канд. техн. наук, Д.Ю.ЗЮЗИН
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ВЕНТИЛЬНОГО ВЫСОКОМОМЕНТНОГО ДВИГАТЕЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ С ИНВЕРТОРОМ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

Излагаются основные вопросы цифрового моделирования совместной работы вентильного высокомоментного двигателя комбинированного возбуждения с инвертором синусоидального тока с целью определения рационального соотношения параметров комбинированного возбуждения.

Высокомоментные двигатели находят широкое распространение в приводе реостатных контроллеров подвижного состава железных дорог и метрополитенов. В настоящее время в электромашиностроении широко рассматривается вопрос о создании конструкций электромеханических преобразователей, в которых сочетались бы преимущества электрических машин электромагнитного и магнитоэлектрического возбуждений. Одним из таких конструктивных решений является вентильный высокомоментный двигатель комбинированного возбуждения [1]. Поиск рациональных соотношений параметров электромагнитного и магнитоэлектрического возбуждений – основная задача при создании конструкций такого типа. Однако на параметры электромеханического преобразователя влияют характеристики источника питания которые включаются в основную модель.

В работе [2] рассмотрена конструктивная схема двигателя комбинированного возбуждения, в котором постоянный высококоэрцитивный постоянный магнит включен последовательно в магнитную цепь с обмоткой возбуждения. Математическая модель двигателя, приведенная в работе [3], построена на основе уравнений обобщенной электрической машины и выражена относительно потокоцеплений. Критерии и параметры, по которым исследуются рабочие свойства системы «двигатель комбинированного возбуждения - инвертор тока», рассмотрены в работе [4].

Цель настоящей работы – путем цифрового моделирования получить рациональные соотношения для параметров комбинированного возбуждения вентильного двигателя при его работе совместно с инвер-

тором синусоидального тока.

Согласно [4] выбраны следующие критерии оценки работы двигателя совместно с инвертором тока: угловое ускорение при пуске с моментом нагрузки, равном нулю; угловое ускорение при номинальной нагрузке; минимальное значение нормальной составляющей магнитной индукции на поверхности полюса при стопорном режиме; максимальное значение линейного напряжения на обмотке статора при пуске с моментом сопротивления, равном нулю; максимальное значение линейного напряжения на обмотке статора при пуске с номинальной нагрузкой; максимальное значение фазного тока в обмотке статора при стопорном режиме.

При выборе наиболее рациональных конструкций будем рассматривать те конструкции, в которых динамические параметры электро-механической системы (угловое ускорение при пуске с моментом нагрузки равном нулю – ϵ_0 , угловое ускорение при номинальной нагрузке ϵ_n) находятся в пределах 0,8-1,0 от максимального, а электрические параметры цепи питания (максимальное значение линейного напряжения на обмотке статора при пуске с моментом сопротивления равном нулю – U_0 , и с номинальной нагрузкой – U_n , максимальное значение фазного тока в обмотке статора при стопорном режиме – I_c) – 1,0-1,2 от их минимального значения. Параметр, оценивающий состояние магнитной системы (минимальное значение нормальной составляющей магнитной индукции на поверхности полюса при стопорном режиме), определяет совокупность недопустимых значений для исследуемых параметров. Если значение этого параметра меньше 0,3 Тл, то постоянный магнит работает на нелинейном участке кривой размагничивания.

Добавим и преобразуем расчетную модель двигателя [3] для его работы совместно с инвертором синусоидального трехфазного тока. Система управления вентильных двигателей предполагает изменение величины питающих токов в зависимости от угла поворота ротора. Система уравнений питающих токов имеет вид:

$$U_A(t_i) = \frac{\Psi_{A_i} - \Psi_{A_{i-1}}}{\Delta t_i} + i_{f_i} R_A \cos(\gamma_i p);$$

$$U_B(t_i) = \frac{\Psi_{B_i} - \Psi_{B_{i-1}}}{\Delta t_i} + i_{f_i} R_B \cos\left(\gamma_i p - \frac{2\pi}{3}\right);$$

$$U_C(t_i) = \frac{\Psi_{C_i} - \Psi_{C_{i-1}}}{\Delta t_i} + i_{f_i} R_C \cos\left(\gamma_i p - \frac{4\pi}{3}\right);$$

$$i_f(t_i) = \frac{U_f(t_i) - \frac{\Psi_{f_t} - \Psi_{f_{t-1}}}{\Delta t_i}}{R_f};$$

$$\omega(t_i) = \omega(t_{i-1}) + \Delta t_i \left(\frac{1}{2J} M_{\vartheta} - M_H \right);$$

$$\gamma(t_i) = \gamma(t_{i-1}) + \Delta t_i \omega(t_i),$$

где γ – угловая координата поворота ротора; Ψ_A, Ψ_B, Ψ_C – потокосцепления обмоток статора определяемые по методикам результатов расчета магнитного поля методом конечных элементов; J – момент инерции ротора ВВДКВ; M_{ϑ} – электромагнитный момент; M_H – момент нагрузки; ω – угловая скорость вращения ротора.

Для проведения численных экспериментов согласно теории планирования эксперимента составлен план эксперимента (таблица).

План численного эксперимента и его результаты

№ опыта	X ₁	X ₂	W, вит	h, мм	ε ₀ , рад/с ²	ε ₁ , рад/с ²	B _{min} , Тл	U ₀ , В	U _n , В	I _c , А
1	1	1	15,5	8,4	180	153	0,692	510	532	15
2	-1	1	0,0633	8,4	144	121	0,689	535	567	22
3	1	-1	15,5	2	151	123	0,845	583	670	17
4	-1	-1	0,7127	2	113	92	-0,1	680	720	27
5	1	0	15,5	4	156	127	0,815	572	612	15
6	-1	0	0,7127	4	134	110	0,631	720	753	25
7	0	1	3,3333	8,4	163	132	0,641	532	577	14
8	0	-1	3,3333	2	127	101	0,501	830	845	30
9	0	0	3,3333	4	143	122	0,685	532	567	17

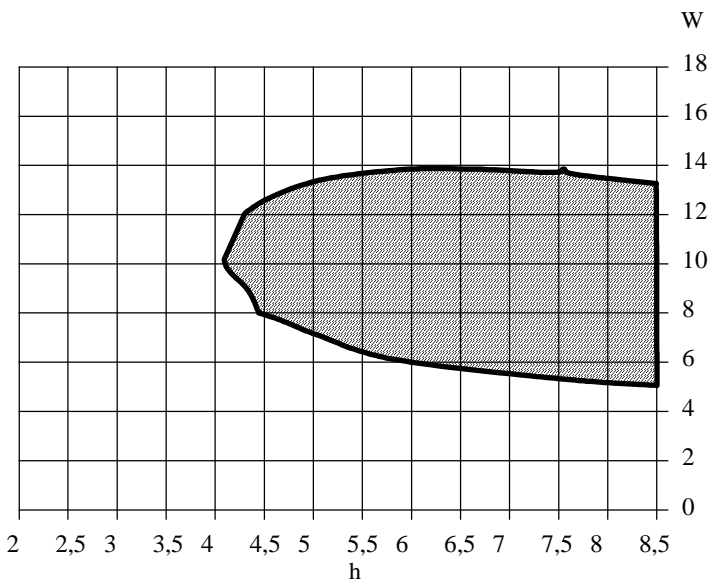
Применены функции преобразования факторов, наиболее рационально применение логарифмических функций преобразования. Величина средней магнитодвижущей силы обмотки возбуждения выбрана исходя из величины плотности тока в обмотке 4,5 А/мм². Среднее значение толщины магнита (h) выбрано равным толщине магнита базового двигателя. Максимальные значения магнитодвижущей силы соответствует плотности тока в обмотке возбуждения равной 21 А/мм². Из конструкции ротора выбрана величина максимальной толщины магнита.

Согласно плану эксперимента проведены численные исследования при пуске двигателя с моментом сопротивления, равным нулю и 13 Нм. Результаты эксперимента приведены в таблице.

Анализ плана эксперимента проводится также по программе PLAN 86 [5]. По результатам расчетов составлены полиномы.

Согласно принятым в [6] соотношениям для рациональных конструкций их область в плоскости толщина магнита – МДС обмотки возбуждения определяется системой неравенств.

Решение системы неравенств предлагается выполнить графическим методом. Каждое из неравенств ограничивает область, полученную пресечением графика оптимального полинома соответствующего фактора и плоскости уровня, описывающей зону рациональных конструкций. Пересечение этих областей дает результирующую область рациональных конструкций. На рисунке представлена область рациональных геометрий для работы с инвертором синусоидального тока.



Область рациональных параметров

Таким образом, предложен алгоритм выбора рациональных параметров комбинированного возбуждения (толщины постоянного магнита и числа витков обмотки возбуждения) для вентильных высокомоментных двигателей комбинированного возбуждения, включающий проведение системы цифровых экспериментов, анализ их результатов и нахождение области рациональных параметров путем графического

решения системы неравенств. Такой алгоритм позволит снизить расход постоянного магнита в вентильных двигателях привода реостатных контроллеров подвижного состава.

1.Любарский Б.Г., Зюзин Д. Ю., Глебова М. Л. Сравнительная характеристика высокомоментных электродвигателей для привода подач станков // Вестник НТУ «ХПИ». Т.4. Вып.9. – Харьков, 2002. – С.63-66.

2.Зюзин Д.Ю., Любарский Б.Г., Глебова М.Л. Конструктивная схема вентильного высокомоментного двигателя комбинированного возбуждения // Вестник НТУ «ХПИ». Вып.19. – Харьков, 2002. – С.85-88.

3.Омельяненко В.И., Любарский Б.Г., Зюзин Д.Ю., Глебова М.Л. Математическая модель вентильного высокомоментного двигателя комбинированного возбуждения // Вестник НТУ «ХПИ». Вып.11. – Харьков, 2003. – С.108-112.

4.Омельяненко В.И., Зюзин Д.Ю., Любарский Б.Г. Выбор параметров системы комбинированного возбуждения вентильного высокомоментного двигателя с инвертором синусоидального напряжения // Труды Института электродинамики НАН Украины. – 2005. – №1(10). – С.57-63.

5.Клименко Б.В., Зиновьев В.В. Методические указания к курсовому проекту по НИРС для студентов специальности 0605 "Электрические аппараты". – Харьков: Харьков. филиал Межвуз. полиграф. предприятия, 1987. – 27 с.

6.Зюзин Д.Ю., Омельяненко В.И., Любарский Б.Г. Критерии и параметры оценки комбинированного возбуждения для вентильного высокомоментного двигателя // Вестник НТУ «ХПИ». Вып.28. – Харьков, 2004. – С.65-69.

Получено 23.12.2005

УДК 621.314

Ю.П.КОЛОНТАЄВСЬКИЙ, В.П.АНДРЕЙЧЕНКО, кандидати техн. наук
Харківська національна академія міського господарства

ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ ПРОГРАМОВАНОЇ ЛОГІКИ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ УСТАТКУВАННІ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ АПАРАТІВ

Розглядається питання застосування мікроконтролерів для створення пристроїв керування технологічним устаткуванням для регулювання і контролю низьковольтних апаратів.

Технологічне устаткування для регулювання та контролю працездатності низьковольтних апаратів (НВА), як правило, має підмикаючий пристрій, джерело живлення напруги постійного або змінного струму, вимірювальний пристрій.

Підмикаючий пристрій забезпечує електричне приєднання апарату до регульовального або випробувального стенду і, наприклад, для автоматичних вимикачів, зведення та вмикання, комутацію електричних кіл (згідно з алгоритмом виконання технологічних операцій) та автоматичного регульовального інструменту.